

УДК 621.979

АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ВЫБОРА РАЦИОНАЛЬНЫХ ВАРИАНТОВ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ЛИСТОШТАМПОВАННЫХ ДЕТАЛЕЙ

Сорокина Ольга Сергеевна

студент 5 курса, очная форма

*Российская Федерация, г. Москва, Государственное образовательное
учреждение высшего профессионального образования Московский
государственный технологический университет Станкин, кафедра
«Систем пластического деформирования»*

Научный руководитель: А. М. Смирнов

кандидат технических наук, профессор кафедры «Систем пластического
деформирования»

В основе методики выбора рационального технологического процесса заложены два принципа: технический и экономический.

Технический принцип предполагает совокупность технологических решений, на основании которых формируется технологический процесс, обеспечивающий безусловное выполнение технологических условий и точность требований, указанных в чертеже детали.

Экономические принципы, заложенные в технологические решения, должны обеспечить приведенную минимизацию временных и материальных затрат как в основном, так и во вспомогательном производстве.

На рис.1. показан в виде дерева пример представления процесса принятия решения при выборе типа оборудования и штамповой оснастки. Допустим, что для комплексной штамповки $/S_1/$, может быть использовано универсальное $/F_1/$ и специализированное $/F_2/$ оборудование; универсально-переналаживаемая технологическая оснастка $/L_1/$ и упрощенная специальная технологическая $/L_2/$. Для штамповки по элементам $/S_2/$ может быть также использовано универсальное $/F_1^1/$ и специализированное $/F_2^1/$ оборудование, универсально-переналаживаемая $/L_1^1/$ и агрегируемая $/L_2^1/$ технологическая оснастка. Выходной информацией $y_i /i=5...10/$ являются данные об использовании тех или иных средств штамповки (оборудование и оснастка).

Возможные варианты пластин статора и ротора электрических двигателей могут быть выполнены по нескольким маршрутным технологиям с использованием различного технологического оборудования (табл.1).

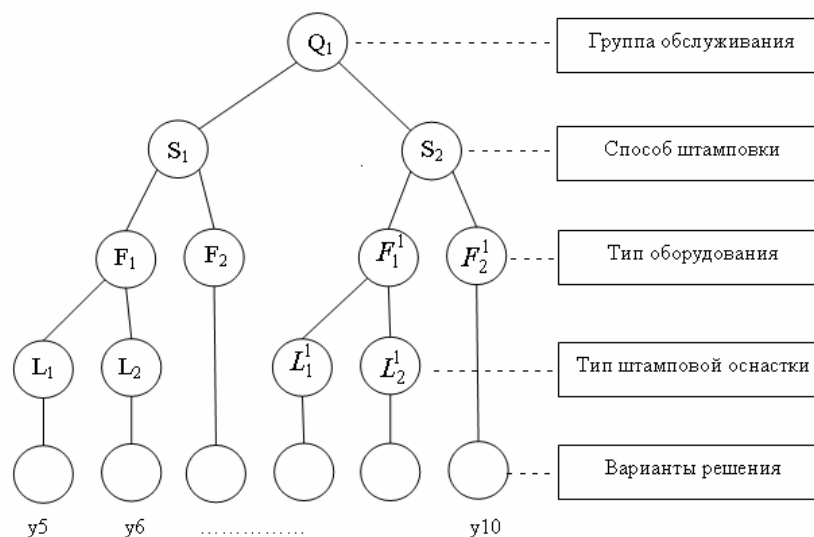


Рис.1 Дерево принятия решений при выборе типа оборудования и технологической оснастки

Таблица 1. Варианты типовых технологических процессов и применяемое оборудование

№	Группы технологического оборудования	Наименование технологических операций*				
		Вырубка заготовки из рулона (ленты)	Штамповка статора		Штамповка ротора из штучной заготовки	Штамповка последовательная статора и ротора из рулона (ленты)
			из рулона	из штучной заготовки		
	Пресс-автомат вырубной АИДА	+	-	-	-	-
	Пресс пазный КОМЕССА	-	-	+	+	-
	Пресс K2537 однокривошипный	-	+	-	-	-
	Пресс K2535A однокривошипный	-	-	-	+	-
	Пресс K2535 однокривошипный	-	+	-	-	-
	Пресс K2535A однокривошипный	-	-	-	+	-
	Пресс K2535 однокривошипный	-	+	-	-	-
	Пресс K2534 однокривошипный	-	-	-	+	-
	Пресс K3538 двухкривошипный	-	-	-	-	+
	Комплекс лазерный	полное изготовление пластин на одной позиции				

*Примечание: На каждом виде оборудования обработка заготовки осуществляется за одну штампооперацию.

Для решения поставленной задачи, могут быть применены методы оптимизации с использованием следующих критериев:

1. минимизация себестоимости

$$C = \sum_1^R \sum_{n \in Nr} \tau_{rn} X_{rn} = \sum_1^N \sum_{r \in Rn} \tau_{rn} x_{rn} = \sum_{(r,n) \in E} \tau_{rn} X_{rn} \rightarrow \min \quad (1)$$

2. минимизация трудоемкости

$$T = \sum_1^R \sum_{n \in Nr} \tau_{rn} X_{rn} = \sum_1^N \sum_{r \in Rn} \tau_{rn} x_{rn} = \sum_{(r,n) \in E} \tau_{rn} X_{rn} \rightarrow \min \quad (2)$$

3. равномерная загрузка оборудования

$$Z = \sum_1^N \left\{ \left(\sum_{r \in Rn} \tau_{rn} X_{rn} \right) / fn - (1/N) \sum_1^N \left[\left(\sum_{r \in Rn} \tau_{rn} X_{rn} \right) / fn \right] \right\}^2 \quad (3)$$

При следующих ограничениях:

$$\sum_{n \in Nr} X_{rn} = 1; r=1,2...R. \quad (4)$$

$$\sum_{n \in Nr} \tau_{rn} X_{rn} \leq fn; n=1,2...N. \quad (5)$$

$$X_{rn} = 0 \vee 1. \quad (6)$$

где $R(1..r..R)$ – перечень номенклатур изготовленных деталей; $N(1..n..)$ – перечень оборудования на участке; τ_{rn} – время изготовления r -го изделия на n -ом оборудовании; C_{rn} – себестоимость изготовления R -го изделия на n -ом оборудовании; fn – фонд времени работы n -го оборудования; $Nr \leq N$ – номер оборудования, на котором можно изготовить r -ое изделие, принадлежит множеству номеров Nr ($n \in Nr$); Rn – совокупность номеров тех изделий, которые по техническим условиям можно изготовить на n -ом оборудовании' ($r \in Rn, Rn \in R$); X_{rn} – переменная которая, если r -е изделие изготавливают на n -ом оборудовании и X_{rn} равны 0, если r -ое изделие не изготавливают на n -ом оборудовании; E – набор пар индексов (r,n) которые отвечают n -му оборудованию при возможности изготовления этого r -го изделия на n -ом оборудовании.

Условие (4) обозначает, что при изготовлении r -го изделия на n -ом оборудовании всю партию необходимо изготовить на этом оборудовании (это требование целости численности). В случае если программу какого-либо изделия необходимо разделить на две или более партии для того, чтобы не превышать годовой фонд времени, каждую партию следует рассматривать как отдельное изделие. Кроме того, это условие означает, что должны быть рассмотрены все изделия заданной номенклатуры.

$$\sum_1^R \sum_{n \in N_r} X_{rn} = R$$

Условие (5) ограничивает суммарное время изготовления всех изделий на данном оборудовании установленным действительным фондом времени f_n .

Условие (6) устанавливает, что переменные могут быть равны либо 1, либо 0.

Решение поставленной задачи требует применения специальных методов оптимизации на базе достаточной трудоемких вычислительных процедур. При ограниченной номенклатуре изделий в условиях экономического кризиса возможно применение системы, позволяющей решить поставленную задачу путем простого перебора.

Анализ вариантов изготовления листоштампованных деталей может быть достаточно быстро выполнен с использованием системы моделирования организационно-технологических структур цехов и участков листовой штамповки.

Принцип функционирования системы моделирования организационно-технологических структур цехов и участков листовой штамповки иллюстрируется рис.2.



Рис.2. Макроструктура системы моделирования

Блок сравнения технологических процессов базируется на целевой функции минимальной себестоимости, а блок расчета параметров цеха на целевой функции равномерной загрузки оборудования.

Результаты расчета из первого блока используются в качестве входных данных для второго блока.

Данная система разработана на базе MS Excel и включает:

1. Блок формирования исходных данных:
 - параметры деталей;
 - модели технологического оборудования;
 - параметры технологической оснастки;
 - организационно-технологическим данным.
2. Блоки расчета;
3. Базы данных по технологическому оборудованию (основные параметры и характеристики используемого оборудования) и по основным организационно-технологическим показателям.

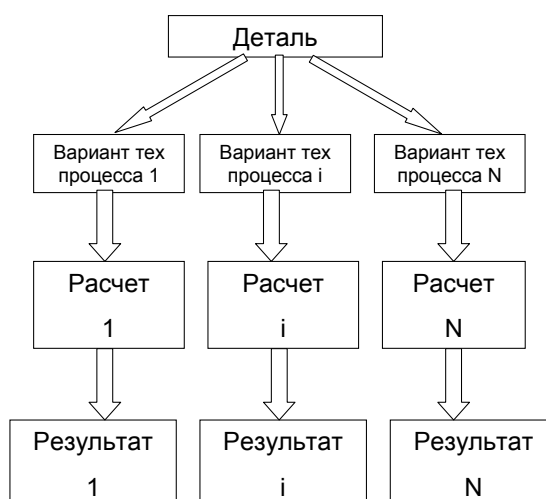


Рис.3. Структура блока сравнения вариантов технологических процессов

Блок сравнения вариантов технологических процессов показан на рис.3. Он включает следующие модули:

1. Модуль «**Формирование исходных данных**».
2. Модуль «**Программа**» (с подмодулями: программа выпуска и программа запуска).
3. Модуль «**Технологическое оборудование**» (с подмодулями расчета потребности оборудования по технологическим группам).
4. Модуль «**Численность работающих**» (с подмодулями расчета по категориям работающих).
5. Модуль «**Физические ресурсы**» (с подмодулями: основные материалы, отходы, штампы и приспособления, электроэнергия, сжатый воздух, вспомогательные материалы).

6. Модуль «Складское хозяйство» (с подмодулями: склад исходных материалов, склад полуфабрикатов, склад готовой продукции, склад штампов и приспособлений).

7. Модуль «Площади цеха» (с подмодулями расчета по назначению площадей).

Результатом расчетов является таблица составляющих технологическую стоимость (рис.4) основных организационно-технологических параметров производств. Проектант имеет возможность в процессе работы с системой просмотреть результаты, вывести данные по загрузке листоштамповочного оборудования и провести его последовательную коррекцию до получения положительных результатов. На рисунках 5 и 6 представлены результаты начального и конечного этапов расчета с использованием данной системы.

<i>Изменение элементов затрат</i>				
	Вариант 1		Вариант N	Рекомендуемый вариант
1. Затраты на материал	$\Pi_{м1}$		$\Pi_{мn}$	$\Pi_{мi}$
2. Основные рабочие				
2.1. Основная З/П	$З_{прг1}$		$З_{пргn}$	$З_{прgi}$
2.2. Дополнительная З/П 14%	$ДЗ_{пр}$		$ДЗ_{прn}$	$ДЗ_{прi}$
2.3. ЕСН 26%	$ЕСН(З_{прг1}+ДЗ_{пр})$		$ЕСН(З_{пргn}+ДЗ_{прn})$	$ЕСН(З_{прgi}+ДЗ_{прi})$
3. Наладчики				
3.1. Основная З/П	$З_{нал1}$		$З_{налn}$	$З_{нали}$
3.2. Дополнительная З/П 14%	$ДЗ_{нал1}$		$ДЗ_{налn}$	$ДЗ_{нали}$
3.3. ЕСН 26%	$ЕСН(З_{нал1}+ДЗ_{нал1})$		$ЕСН(З_{налn}+ДЗ_{налn})$	$ЕСН(З_{нали}+ДЗ_{нали})$
4. Затраты на инструмент	$\Pi_{шдп1}$		$\Pi_{шдпn}$	$\Pi_{шдпи}$
5. Себестоимость машины часа оборудования				
5.1 Основная электро энергия	$\Pi_{элг1}$		$\Pi_{элгn}$	$\Pi_{элgi}$
5.2 Амортизация	$А_{м1}$		$А_{мn}$	$А_{ми}$
5.3 Затраты на ремонт	$\Pi_{рем1}$		$\Pi_{ремn}$	$\Pi_{реми}$
5.4 Затраты на здание	$\Pi_{зд1}$		$\Pi_{здn}$	$\Pi_{зди}$
6. Удельная стоимость оборудования				
ИТОГО технологическая стоимость детали	$Ст_1$		$Ст_n$	$Ст_i$

Рис.4 Таблица формирования результатов расчета вариантов технологических процессов на этапе их выбора

Выводы:

1. Разработан алгоритм расчета оптимальной загрузки оборудования цеха (участка) листоштамповочного производства, позволяющий выбрать рациональный вариант маршрутной технологии.

2. Предложен вариант реализации алгоритма с использованием среды Exel MS

Модель оборудования	АИДА	КОМЕССА	K2534	K3535	K2535ABT	K2534ABT	K3537ABT
Годовой запуск по деталям шт - $\Pi_{гд} = \text{сумма}(\Pi_{гдi})$	80640	80640	4250977,5	689301,9	3058679,4	29484	2001142,5
Годовой запуск по деталям-представителям шт - $\Pi_{гдп} = \text{сумма}(\Pi_{гдпi})$	80640	80640	4250977,5	689301,9	3058679,4	29484	2001142,5
Количество оборудования по моделям, (рассчитанное с учетом средней нагрузки), шт - $Q_{рс} = \text{сумма}(Q_{дпс})$	0,02	0,08	3,35	0,72	1,50	0,02	3,15
Количество оборудования по моделям, (рассчитанное с учетом фактической нагрузки), шт - $Q_{рф} = \text{сумма}(Q_{дпф})$	0,02	0,07	2,75	0,59	1,23	0,01	2,59
Количество оборудования по моделям (округленное) по средней нагрузке шт - $Q_{ос} = \text{округл}(\text{сумма}(Q_{рi}))$	1	1	4	1	2	1	4
Количество оборудования по моделям (округленное) по фактической нагрузке, шт - $Q_{оф} = \text{округл}(\text{сумма}(Q_{рi}))$	1	1	3	1	2	1	3
Коэффициент загрузки по моделям расчетный (с учетом средней нагрузки) - $k_z = Q_{рс}/Q_{ос}$	0,02	0,08	0,84	0,72	0,75	0,02	0,79
Коэффициент загрузки по моделям расчетный (с учетом фактической нагрузки) - $k_z = Q_{рф}/Q_{оф}$	0,02	0,07	0,92	0,59	0,61	0,01	0,86
Число наладок оборудования по моделям $K_{налм} = \text{сумма}(K_{налi})$	4,00	4,00	50,00	10,00	36,00	2,00	24,00
Количество оборудования по моделям, принятое (уточняется проектантом), шт - Q_o	1	1	3	1	2	1	3
Коэффициент загрузки фактический по моделям - $k_{зл} = Q_{рф}/Q_o$	0,02	0,07	0,92	0,59	0,61	0,01	0,86

Рис 5. Результаты расчета загрузки оборудования на первом шаге

Модель оборудования	K2534	K3535	K2535ABT	K2534ABT	K3537ABT
Годовой запуск по деталям шт - $\Pi_{гд} = \text{сумма}(\Pi_{гдi})$	4302133,5	689301,9	3058679,4	1962240	2001142,5
Годовой запуск по деталям-представителям шт - $\Pi_{гдп} = \text{сумма}(\Pi_{гдпi})$	4302133,5	689301,9	3058679,4	1962240	2001142,5
Количество оборудования по моделям, (рассчитанное с учетом средней нагрузки), шт - $Q_{рс} = \text{сумма}(Q_{дпс})$	3,39	0,72	1,50	0,97	3,15
Количество оборудования по моделям, (рассчитанное с учетом фактической нагрузки), шт - $Q_{рф} = \text{сумма}(Q_{дпф})$	2,78	0,59	1,23	0,79	2,59
Количество оборудования по моделям (округленное) по средней нагрузке шт - $Q_{ос} = \text{округл}(\text{сумма}(Q_{рi}))$	4	1	2	1	4
Количество оборудования по моделям (округленное) по фактической нагрузке, шт - $Q_{оф} = \text{округл}(\text{сумма}(Q_{рi}))$	3	1	2	1	3
Коэффициент загрузки по моделям расчетный (с учетом средней нагрузки) - $k_z = Q_{рс}/Q_{ос}$	0,85	0,72	0,75	0,97	0,79
Коэффициент загрузки по моделям расчетный (с учетом фактической нагрузки) - $k_z = Q_{рф}/Q_{оф}$	0,93	0,59	0,61	0,79	0,86
Число наладок оборудования по моделям $K_{налм} = \text{сумма}(K_{налi})$	52,00	10,00	36,00	28,00	24,00
Количество оборудования по моделям, принятое (уточняется проектантом), шт - Q_o	3	1	2	1	3
Коэффициент загрузки фактический по моделям - $k_{зл} = Q_{рф}/Q_o$	0,93	0,59	0,61	0,79	0,86

Рис 6. Результаты расчета загрузки оборудования на последнем шаге

Список литературы:

1. Егоров М.Е. «Основы проектирования машиностроительных заводов», -М.; Высшая школа, 1969. – с 480.
2. Зимин В.В., Семенов И.Е., Смирнов А.М. «Проектирование холодноштамповочных цехов автоматизированных производств»: Учеб. Пособие. -М.; Мосстанкин, 1988, -83с.
3. Греджук И.Ф., Козуб В.М., «Решение задачи оптимизации размещения кузнечного производства», Научно-технический рефератный сборник «Технология производства, научная организация труда и управления», -М.; НИИМАШ, 1973. –с 45-50.